

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Patentschrift**  
⑯ **DE 196 21 612 C 2**

⑯ Int. Cl. 7:  
**G 08 B 13/194**  
H 04 N 5/247  
G 06 K 9/62  
B 61 L 23/00

⑯ Aktenzeichen: 196 21 612.5-32  
⑯ Anmeldetag: 31. 5. 1996  
⑯ Offenlegungstag: 11. 12. 1997  
⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 1. 3. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

C-VIS Computer Vision und Automation GmbH,  
44799 Bochum, DE

⑯ Vertreter:

Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,  
53721 Siegburg

⑯ Erfinder:

Zielke, Thomas, Dr.-Ing., 44789 Bochum, DE;  
Giefing, Gerd-Jürgen, Dr.-Ing., 44789 Bochum, DE;  
Freiburg, Volker, 44793 Bochum, DE

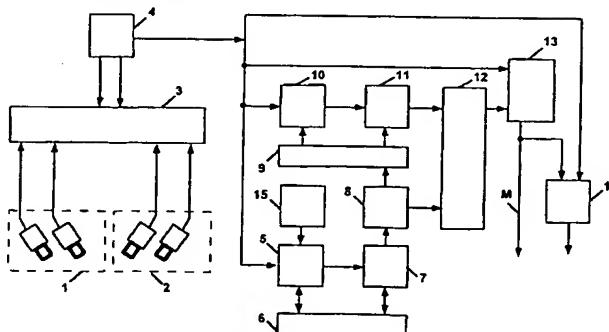
⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 10 649 A1  
DE 29 06 681 A1  
GB 22 44 621 A  
GB 21 50 724 A  
EP 05 77 491 A1

Storjohann et al.: Visual Obstacle Detection for  
Automatically Guided Vehicles. In: Proceedings  
IEEE International Conference on Robotics and Au-  
tomation, 1990, S.761-766;

⑯ Vorrichtung zur Überwachung eines Gleisabschnittes in einem Bahnhof

⑯ Vorrichtung zur Überwachung des Raumes eines Abschnittes eines Gleises in einem Bahnhof in Bezug auf die Anwesenheit von Objekten, die dieser im Normalzustand nicht aufweist, umfassend zwei über dem Gleisbereich angebrachte und längs des Gleises in der Aufsicht annähernd gegeneinander gerichtete Kameraeinheiten (1, 2) mit jeweils mindestens zwei als Stereo-Paar eingerichteten Einzelkameras, wobei der überwachte Abschnitt sowohl von der einen als auch von der anderen Kameraeinheit jeweils mindestens binokular erfaßbar ist, und Mittel (12) zum separaten oder kombinierten Vergleich der aus Stereo-Korrespondenzbildung gewonnenen Meßpunkte für beide Blickrichtungen der Kameraeinheiten (1, 2) mit einem gespeicherten 3D-Modell des Abschnittes im Normalzustand.



## Beschreibung

Die Erfindung beurft eine Vorrichtung zur Überwachung des Raumes eines Abschnittes eines Gleises in einem Bahnhof in Bezug auf die Anwesenheit von Objekten, die dieser im Normalzustand nicht aufweist.

Für die Überwachung von Raumbereichen werden heute in großem Umfang elektronische Kameras installiert, deren Bilder über Monitore von Aufsichtspersonal beobachtet werden können und/oder von Aufzeichnungsgeräten für eine spätere Auswertung gespeichert werden. Ein menschlicher Betrachter kann in der Regel auf der Basis einer Videobilddarstellung mit hoher Sicherheit erkennen, ob ein bestimmter Raumbereich "frei" ist, d. h. ob sich in diesem Bereich Objekte befinden, die der Raum in seinem Normalzustand nicht aufweist bzw. nicht aufweisen soll. Eine Freiraumüberwachung mit entsprechender Alarmgebung wird überall dort erforderlich, wo Menschen, Tiere oder Sachen allein durch ihre Anwesenheit gefährdet sind und/oder bereits aufgrund ihrer Anwesenheit selbst eine Gefährdung darstellen.

Die DE 29 06 681 A1 beschreibt eine Überwachungseinrichtung, die mit zwei aus möglichst unterschiedlichen Blickrichtungen auf das zu überwachenden Gebiet gerichteten Kameras bewegte Objekte entdecken kann. Der Zweck der beschriebenen Anordnung besteht darin, bei der Detektion eines bewegten Objekts durch Aufnahme und Verarbeitung von Kamerabildern den Einfluß der perspektivischen Größenvariation des Objekts auf den Grad der Bildänderung weitgehend zu egalisieren.

Für die Aufgabe der Gleisraumüberwachung in Bahnhöfen hat das beschriebene System jedoch gravierende Nachteile. Abweichungen vom Normalzustand des Gleisraumes sind nur dann erkennbar, wenn diese Abweichungen ein bewegtes Objekt sind. Objekte, die bei ihrem Eintritt in den überwachten Raum aus irgendeinem Grunde unentdeckt bleiben, z. B. weil die Überwachungseinrichtung außer Betrieb war, könnten sich auf den Gleisen befinden, ohne entdeckt zu werden. Die Überwachungseinrichtung kann auch dann nicht in der gewünschten Weise wirken, wenn ein einfahrender bzw. in der Station stehender Zug die Sicht einer der beiden Kameras auf einen Gleisbereich vor dem Zug verdeckt. Eine Verdeckung könnte nur dann vermieden werden, wenn die beiden Kameras mit wenig Abstand aus ungefähr gleicher Blickrichtung auf die Gleise gerichtet werden. Dann allerdings würde das beschriebene Verfahren seine Wirksamkeit verlieren, da zur Kompensation der perspektivischen Einflüsse mit Hilfe eines Zählers die Kameras in mehr oder weniger entgegengesetzter Richtung angeordnet werden müssen.

Es ist ferner bekannt, daß bei der gleichzeitigen Betrachtung einer Szene durch mindestens zwei mit einem örtlichen Versatz angebrachten Kameras die Zuordnung von korrespondierenden Bildpositionen eines Objektpunktes in den verschiedenen Kamerabildern eine Messung des Abstands zwischen den entsprechenden Objektpositionen in der Szene und den Kameras ermöglicht (Stereo-Triangulation). Für die Stereo-Korrespondenzbildung sind in der Fachliteratur viele Verfahren beschrieben. Wenn über den gesamten binokular sichtbaren Bildbereich angewendet, liefern sie in der Praxis jedoch nur eine spärliche Verteilung von verlässlichen Abstandsmessungen. Diese spärliche Verteilung von Abstandsmessungen ist zum Zwecke der Freiraumerkennung in vielen Fällen nicht zuverlässig automatisch auswertbar. Für einen Spezialfall, der Hinderniserkennung auf flachen Böden oder sonstigen ebenen Flächen, stellt das in Storjohann et al., Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, S. 761-766, 1990 [Storjohann'90] den

Stand der Technik dar. Das dör beschriebene Verfahren zur stereobasierten Freiraumüberwachung beruht im Prinzip auf einer Änderungsdetektion zwischen den zwei Bildern eines StereoKamerapaars. Unter der Voraussetzung, daß zwei 5 statt montierte Kameras einen freien und ebenen Boden von ähnlicher Betrachterposition aus einsehen, besteht eine feste geometrische Relation für die Positionen der korrespondierenden Bildpunkte in dem Stereo-Bildpaar. Dadurch entfällt die Korrespondenzsuche und es kann eine Änderungsdetektion ähnlich wie bei den oben beschriebenen monokularen Verfahren durchgeführt werden.

Das in [Storjohann'90] beschriebene Verfahren ist bezüglich der Detektionssicherheit und der Fehlalarmrate im praktischen Betrieb einem monokularen arbeitenden Verfahren 10 basierend auf Bildhintergrundsubtraktion und/oder Bewegungsdetektion vorzuziehen. Zwei gravierende Nachteile sind jedoch festzustellen:

Die Anwendung des Verfahrens ist auf Raumbereiche mit ebenen Böden beschränkt.

Spiegelnde Bodenbereiche (z. B. Pfützen oder polierter Marmor) täuschen verfahrensbedingt erhabene Objekte vor und führen somit oft zu Fehlalarmen.

Die Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung vorzuschlagen, die geeignet ist, eine automatische Überwachung eines Raumes eines Abschnittes eines Gleises 20 in einem Bahnhof hinsichtlich der Anwesenheit von unzulässigen Objekten zu realisieren, wobei Fehlalarne im wesentlichen ausgeschlossen sind, d. h. nur dann eine Auslösung erfolgt, wenn unzulässige Objekte vorhanden sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung zur Überwachung des Raumes eines Abschnittes eines Gleises in einem Bahnhof in Bezug auf die Anwesenheit von Objekten, die dieser im Normalzustand nicht aufweist, umfassend zwei über dem Gleisbereich angebrachte und längs des Gleises in der Aufsicht annähernd gegeneinander gerichtete Kameraeinheiten mit jeweils mindestens zwei als Stereo-Paar eingerichteten Einzelkameras, wobei der überwachte Abschnitt sowohl von der einen als auch von der anderen Kameraeinheit jeweils mindestens binokular erfaßbar ist, und Mittel zum separaten oder kombinierten Vergleich der aus Stereokorrespondenzbildung gewonnenen Meßpunkte für beide Blickrichtungen der Kameraeinheiten mit einem gespeicherten 3D-Modell des Abschnittes im Normalzustand gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat folgende Vorteile: Alle Gegenstände, die in dem überwachten Raumbereich zu Boden gefallen sind bzw. auf im Raum normal vorhandenen Oberflächen liegen, können aufgrund ihrer Höhe relativ zu der im 3D-Modell repräsentierten Normaloberfläche beurteilt werden. Dadurch wird ausgeschlossen, daß zum Beispiel Papierblätter oder Laub einen Alarm auslösen, obwohl in den entsprechenden Bildbereichen einzelner Kameras eine signifikante Abweichung vom normalen "Hintergrundbild" vorliegt. Dies gilt auch für durch Lichteinfall entstehende Oberflächenmuster, die nicht zu einer Abweichung vom 3D-Normal-modell führen.

Durch den Vergleich mit einem dreidimensionalen Modell, das den räumlichen Normalzustand beschreibt, ist die Klassifizierung von Meßpunkten aus der Stereokorrespondenzbildung bezogen auf die Aufgabe der Freiraumerkennung variabel an unterschiedliche Einsatzorte anpaßbar.

Die Generierung eines 3D-Normalmodells ist bei gut strukturierten Umgebungen, wie z. B. im Gleis- und Bahnsteigbereich von Bahnhöfen, mit Mitteln und Methoden der automatischen Bildanalyse und der Computer-Graphik ohne komplizierte manuelle Prozeduren möglich. Die Vorrichtung kann daher selbstkalibrierend arbeiten.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß bei ei-

ner Abweichung, von der aus der Stereokorrespondenzbildung sich ergebenden Meßpunkte mit einer vorgegebenen Qualität von gespeicherten 3D-Modell eine Meldesignal auslösbar ist. Vorteilhafter Weise erfolgt über das Meldesignal die Auslösung einer Bilddatenfernübertragung, beispielsweise zu einer Überwachungsstelle, die mit einer Person besetzt ist.

Der Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist nachfolgend anhand des Ablaufdiagramms gemäß Fig. 1 und Fig. 2, bzw. des Blockdiagramms gemäß Fig. 3 näher beschrieben.

Zunächst sei beschrieben, wie das 3D-Normalmodells (Fig. 1) erstellt wird. Der zu überwachende Raum wird binokular (stereoskopisch) durch mindestens zwei elektronische Kameras (z. B. CCD-Kameras) betrachtet und die Videosignale werden digital erfaßt (S2). Aus beiden Bildern eines Stereo-Paars werden Merkmale extrahiert und vermessen, die für die bauliche Struktur der vorgesehenen Einsatzumgebung typisch sind (S3). Auf der Basis eines vorstrukturierten 3D-Modells wird ein aktuelles 3D-Normalmodell generiert (S4). Im Einsatzbetrieb führt die Vorrichtung Überwachungszyklen unter Verwendung des aktuellen 3D-Normalmodells (S9) aus. Ein Überwachungszyklus besteht aus der Stereo-Bilddatenaufnahme (S10), einer Bilddatennormierung (S11), der Bestimmung und Auswertung von Stereokorrespondenzen (S12), dem Vergleich der berechneten Meßpunkte mit dem gespeicherten 3D-Normalmodell (S13) und abschließend aus einer Klassifikation der gegebenenfalls detektierten Abweichungen zwischen dem 3D-Normalmodell und den aus den aktuellen Bilddaten berechneten Meßpunkten (S14). Nur wenn die vorgegebenen Alarmkriterien erfüllt sind wird ein Meldesignal erzeugt.

Vorzugsweise ist das Meldesignal erst dann auszulösen, wenn die unzulässige Abweichung der berechneten Meßpunkte von dem 3D-Normalmodell über eine vorgegebene Zeit konsistent andauert. Hierdurch wird zum Beispiel verhindert, daß herabfallendes Laub oder Papier einen Alarm auslöst.

Ferner ist vorgesehen, daß vor einer Alarmauslösung die Art der Meßdatenabweichung mit einer Anzahl von hinterlegten Referenzwerten für bestimmte Situationen verglichen wird. Es wird kein Alarm ausgelöst wenn an der Art der Meßdatenabweichung durch den Referenzwertvergleich eine zulässige Situation erkannt wird. Durch dieses Mittel wird zum Beispiel erreicht, daß bei Anwendungen in denen die Freiraumüberwachung dazu dient, routinemäßig passierende Fahrzeuge abzusichern bzw. zu stoppen, das Fahrzeug selbst im überwachten Bereich keinen Alarm auslöst.

Bei Anwendungen, die eine differenzierende Alarmauslösung erfordern, z. B. wenn die automatische Reaktion auf einen Alarm unterschiedlich sein muß, besteht die Möglichkeit, diejenigen Bereiche in den Bildern der Überwachungskameras, die für die Abweichung der Meßpunkte ursächlich sind, einer Bildmustererkennung zuzuführen. Mit Hilfe von im Rechner hinterlegten Referenzmerkmalen, können somit für den Überwachungszweck bedeutsame Objekte erkannt und durch eine Kodierung des Meldesignals angezeigt werden.

Um einen Selbstabgleich zu erzielen ist ferner vorgesehen, daß für Anwendungen in Bereichen mit typischen und klar erkennbaren baulichen Merkmalen, wie z. B. im Gleis- und Bahnsteigbereich von Bahnhöfen, ein vorstrukturiertes 3D-Modell verwendet wird, dessen Parameter auf der Basis der vor Ort stereoskopisch vermessenen Bildmerkmale automatisch angepaßt werden. Zur Hilfestellung kann eine Vorrichtung zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Möglichkeit zur interaktiven Markierung von Bildbereichen und/oder Bildpositionen vorsehen.

Um die Freiraumerkennung sicherzustellen ist vorgesehen, daß das 3D-Normalmodell in Form einer graphischen Animation visualisiert wird. Dies ermöglicht einem menschlichen Betrachter in sehr einfacher und effektiver Weise die Korrektheit des 3D-Modells zu überprüfen.

Zur Fernüberprüfung von Freiraumverletzungen, insbesondere durch Personen, ist die Steuerung einer Bilddatenfernübertragung durch das Meldesignal (M) vorgesehen.

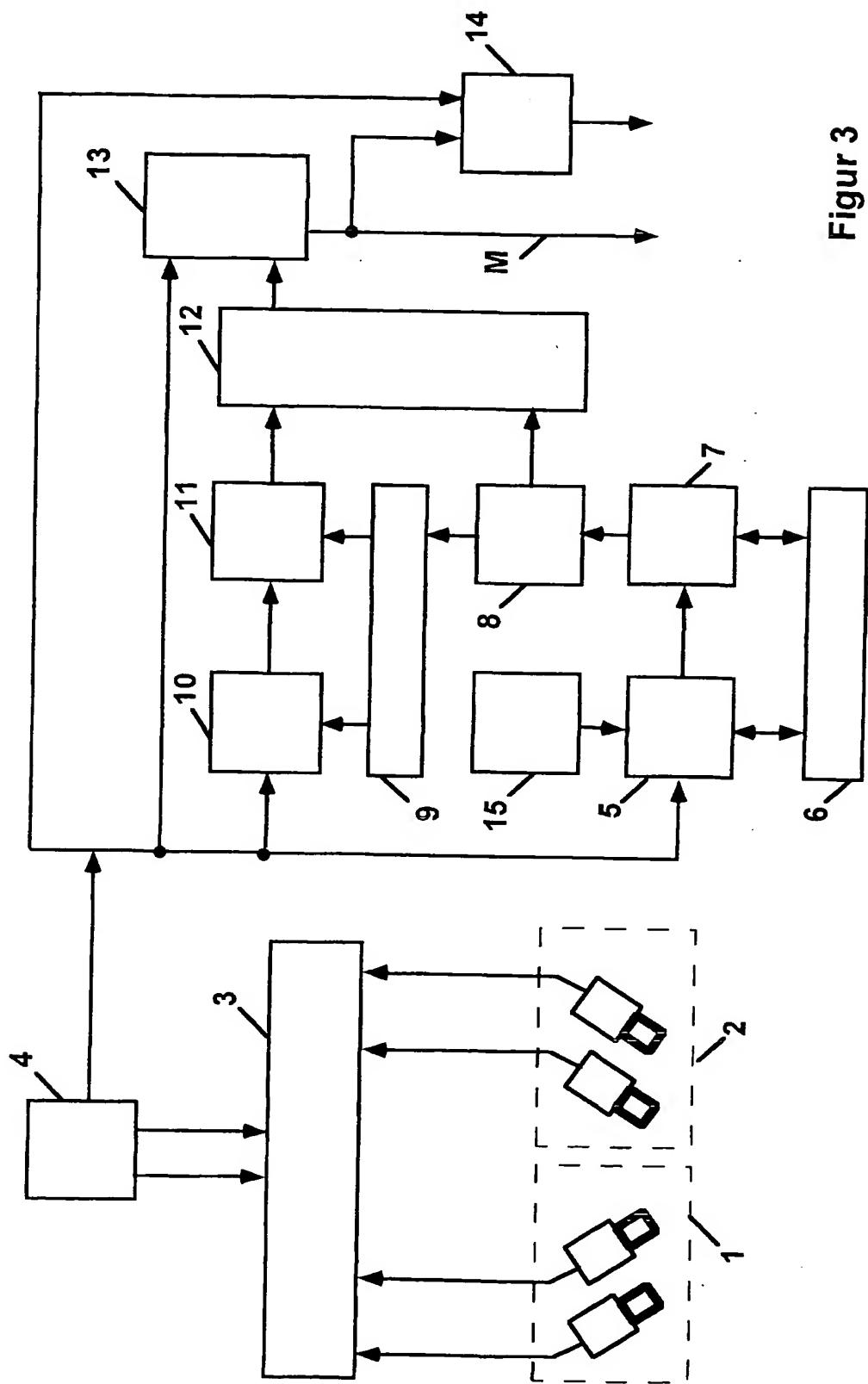
Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung zur automatischen Gleisraumüberwachung in Bahnhöfen, worin die Bezugszeichen folgenden Bedeutung haben:

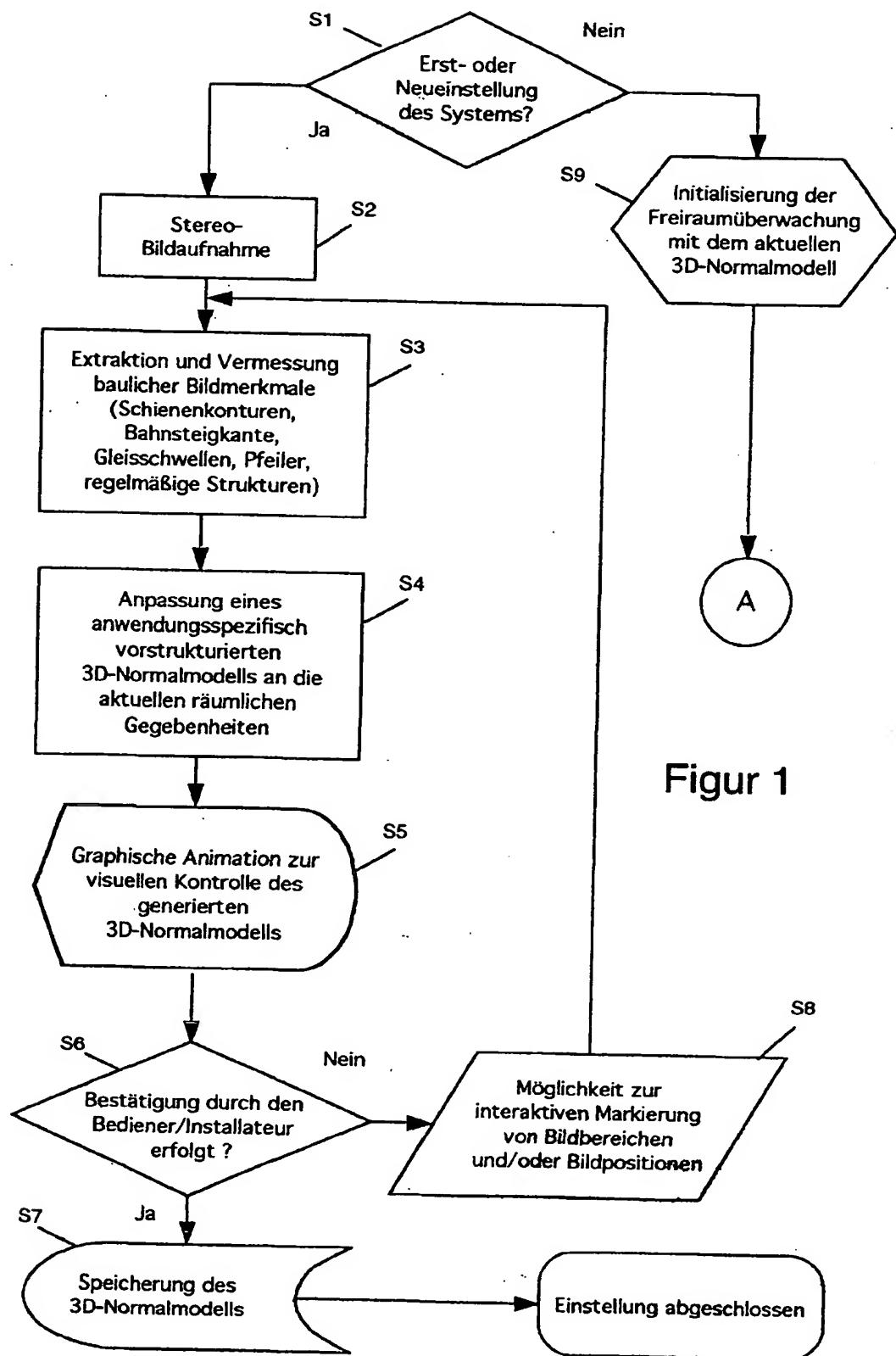
- 10 1 Stereo-Videokameraeinheit 1
- 2 Stereo-Videokameracinheit 2
- 3 Video-Multiplexereinheit
- 15 4 Stereo-Bilddatenaufnahmeeinheit
- 5 Erkennungs- und Lokalisierungseinheit
- 6 Grafische Bedienstation
- 7 3D-Modellbilder
- 8 3D-Normalmodell-Speichereinheit
- 9 Initialwert-Speicher
- 10 Bildnormierungseinheit
- 11 Stereokorrespondenzfinder
- 12 Vergleichseinheit
- 13 Klassifikationseinheit
- 25 14 Bilddatenfernübertragungseinheit
- 15 Modellstruktur-Speicher
- M Meldesignal
- S1 bis S16 Flußdiagrammblöcke

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung des Raumes eines Abschnittes eines Gleises in einem Bahnhof in Bezug auf die Anwesenheit von Objekten, die dieser im Normalzustand nicht aufweist, umfassend zwei über dem Gleisbereich angebrachte und längs des Gleises in der Aufsicht annähernd gegeneinander gerichtete Kameraeinheiten (1, 2) mit jeweils mindestens zwei als Stereo-Paar eingerichteten Einzelkameras, wobei der überwachte Abschnitt sowohl von der einen als auch von der anderen Kameraeinheit jeweils mindestens binokular erfaßbar ist, und Mittel (12) zum separaten oder kombinierten Vergleich der aus Stereokorrespondenzbildung gewonnenen Meßpunkte für beide Blickrichtungen der Kameraeinheiten (1, 2) mit einem gespeicherten 3D-Modell des Abschnittes im Normalzustand.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Abweichung von aus der Stereokorrespondenzbildung sich ergebenden Meßpunkten mit einer vorgegebenen Qualität vom gespeicherten 3D-Modell ein Meldesignal auslösbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß über das Meldesignal eine Bilddatenfernübertragung auslösbar ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen





Figur 1

Figur 2

